

3/5/5
DIALOG(R)File 352:DERWENT WPI
(c)1998 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009611916

WPI Acc No: 93-305463/199339

XRAM Acc No: C93-135871

XRPX Acc No: N93-234973

Ductile titanium-free maraging steel - esp. used for aircraft engine turbine shaft mfr.

Patent Assignee: **IMPHY** SA (IMPH-N

Inventor: CASTAGNE J; WILLEMIN P

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Main IPC Week

FR 2685707 A1 19930702 FR 9116413 A 19911231 C22C-038/08 199339 B

Priority Applications (No Type Date): FR 9116413 A 19911231

Patent Details:

Patent Kind Lan Pg Filing Notes Application Patent

FR 2685707 A1 11

Abstract (Basic): FR 2685707 A

Maraging steel with high ductility and toughness and with improved fatigue resistance, esp. for use in aircraft engine turbine shaft mfr., contains (by wt.) 14-19 Ni, 9-14 Co, 5-8 Mo and 0.005-0.05% rare earth element, the sum of Ni + Mo being 22-24%.

Pref. the maraging steel has the compsn. (by wt.) 15.5-17.5% Ni, 11-12% Co, 6-7% Mo, less than 0.01% C, less than 0.2% Al, less than 0.1% Si, less than 0.1% Mn, 0.01-0.04% rare earth element (pref. La), balance Fe and impurities.

Also claimed is an aircraft engine turbine shaft mfd. from the maraging steel.

USE/ADVANTAGE - The steel is used esp. for mfg. aircraft engine turbine shafts, but may also be used for mfg. heavy duty springs and coupling parts for aircraft and automobiles. The steel is titanium-free and thus does not contain fatigue crack-initiating particles of titanium-rich phase, but has properties comparable with those of conventional Ti-contg. maraging steel (e.g. an exemplified steel has a tensile strength of 2000 MPa, a redn. of area of 46.5% and a Charpy impact energy value of 20J).

Dwg.0/0

Title Terms: DUCTILE; TITANIUM; FREE; MARAGING; STEEL; AIRCRAFT; ENGINE; TURBINE; SHAFT; MANUFACTURE

Derwent Class: M27; Q62

International Patent Class (Main): C22C-038/08

International Patent Class (Additional): F16C-003/02

File Segment: CPI; EngPI

C	Si	Mn	Ni	Co	Mo	Al	REM	Ni + Mo
			14/19	9/14	5/8		0.005/0.05	22/24
≤0.01	≤0.1	≤0.1	(15.5/17.5)	(11/12)	6/7	≤0.2	(0.01/0.04)	23
			16.5	11.5	6.5			

31 1/2
215 kg/mm²
300 Grade

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 685 707

(21) N° d'enregistrement national :

91 16413

(51) Int Cl⁸ : C 22 C 38/08, F 16 C 3/02

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 31.12.91.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite: IMPHY (S.A.) — FR.

(72) Inventeur(s) : Castagne Jean-Louis et Willemin
Pascal.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 02.07.93 Bulletin 93/26.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Lavoix.

(54) Acier maraging à ductilité et ténacité élevées.

(57) La présente invention a pour objet un acier maraging à
ductilité et ténacité élevées, présentant une résistance
améliorée à la fatigue, utilisable notamment dans la fabri-
cation d'arbres de turbines pour moteur d'avion, caracté-
risé en ce que sa composition pondérale comprend:

- de 14 à 19 % de nickel
- de 9 à 14 % de cobalt
- de 5 à 8 % de molybdène,

les teneurs en nickel et molybdène satisfaisant à la rela-
tion:

$$12 \leq Ni + Mo \leq 24$$

et en ce qu'il contient de 0,005 à 0,05 % d'un élément ap-
partenant à la famille des terres rares.

FR 2 685 707 - A1



La présente invention a pour objet un acier maraging à ductilité et ténacité élevées, présentant une résistance améliorée à la fatigue, notamment utilisable pour la fabrication d'arbres de turbines dans l'aéronautique.

Dans le domaine de l'aéronautique, il est connu d'employer des aciers dits maraging, notamment pour la fabrication d'arbres de turbines pour des moteurs d'avions, en raison de leurs propriétés particulièrement intéressantes.

De tels aciers regroupent des alliages à structure martensitique contenant du nickel, du cobalt et du molybdène et généralement de faibles additions de titane et/ou d'aluminium pour permettre un durcissement structurel par traitement de vieillissement.

De nombreuses études scientifiques ont été publiées sur le sujet et notamment "BIEBER, C.G. : 'Creative Metallurgy', ASM Metals Engg. Q. 1961, 1, Nov. 92-108", "DECKER, R.F., EASH, J.T., GOLDMAN, A.G. : '18 % Maraging Steel', ASM Trans. Q. 1962, 55, Mar. 58-76" et "HAYNES, A.G. : 'Development and Future Potential of Maraging Steels', J.R. Aeronaut. Soc., 1966, 70, 766-772".

Ces aciers sont connus pour leur bon compromis entre une limite élastique et une résistance mécanique élevées ainsi que d'excellentes qualités de ductilité et ténacité.

Un acier de ce type possède par exemple la composition pondérale majoritaire suivante :

- 18 % de nickel
- 8 % de cobalt
- 5 % de molybdène
- 0,5 % de titane

le reste étant constitué par du fer et des impuretés.

Cet acier a une résistance mécanique de l'ordre de 1955 MPa, une striction de 47 % pour une énergie de résilience de 20 J, mesurée par la méthode Charpy.

5 Cependant, malgré le potentiel d'une résistance mécanique élevée, on a pu constater que des particules de phases riches en titane de dimensions comprises entre 10 et 20 micromètres, prennent naissance dans l'alliage et initient des fissures sous l'action de contraintes
10 élevées.

 Il a été démontré qu'en l'absence de titane il est possible d'obtenir un durcissement équivalent en modifiant l'équilibre des autres éléments de l'alliage et plus particulièrement en augmentant les teneurs en
15 molybdène et en cobalt.

 Un tel acier possède alors par exemple la composition pondérale majoritaire suivante :

- 14 % de nickel
- 12 % de cobalt
- 20 - 9,5 % de molybdène

le reste étant constitué par du fer et des impuretés.

Malgré une résistance mécanique élevée, voisine de 2110 MPa, cet acier est très peu ductile, sa striction étant égale à 13 %.

25 Il a d'ailleurs été constaté que pour des teneurs croissantes en molybdène au delà de 5 % en poids, l'alliage obtenu révèle une résistance mécanique accrue mais une ductilité très affaiblie.

 On conçoit aisément qu'un arbre de turbine
30 fabriqué à partir de cet alliage ne peut résister aux sollicitations thermiques et mécaniques qui lui sont appliquées en service.

 La présente invention a pour objectif de remédier aux inconvénients de l'art antérieur en
35 proposant un acier maraging à ductilité et ténacité

élevées et présentant une résistance améliorée à la fatigue.

L'invention a ainsi pour objet un acier maraging à ductilité et ténacité élevées, présentant une
5 résistance améliorée à la fatigue, utilisable notamment dans la fabrication d'arbres de turbines pour moteur d'avion, caractérisé en ce qu'il comprend, en composition pondérale :

- 10 - de 14 à 19 % de nickel
- de 9 à 14 % de cobalt
- de 5 à 8 % de molybdène,

les teneurs en nickel et molybdène satisfaisant à la relation:

$$22 \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 24,$$

15 et en ce qu'il contient de 0,005 à 0,05 % d'un élément appartenant à la famille chimique des terres rares.

De préférence :

- l'acier selon l'invention comporte, en composition pondérale :

- 20 - moins de 0,01 % de carbone
- moins de 0,2 % d'aluminium
- moins de 0,1 % de silicium
- moins de 0,1 % de manganèse
- de 0,005 à 0,05 % d'un élément appartenant à

25 la famille chimique des terres rares,
le reste étant constitué par du fer et des impuretés;

- l'acier maraging selon l'invention possède la composition pondérale suivante :

- 30 - de 15,5 à 17,5 % de nickel
- de 11 à 12 % de cobalt
- de 6 à 7 % de molybdène
- moins de 0,01 % de carbone
- moins de 0,2 % d'aluminium
- moins de 0,1 % de silicium
- 35 - moins de 0,1 % de manganèse

- de 0,01 à 0,04 % d'un élément appartenant à la famille chimique des terres rares, le reste étant constitué par du fer et des impuretés;

5 - l'élément appartenant à la famille chimique des terres rares est le lanthane.

On entend par terres rares tous les éléments chimiques figurant dans la troisième colonne du tableau de la classification périodique des éléments de Mandeleïev, ceci incluant l'Yttrium qui est considéré
10 comme étant assimilé à la famille chimique des terres rares.

L'acier maraging selon l'invention trouve une application particulièrement intéressante dans la fabrication d'arbres de turbines pour moteurs d'avions.

15 De manière plus générale, en raison de sa haute limite élastique et de sa tenue en fatigue améliorée, cet acier convient parfaitement aux pièces d'accouplement et aux ressorts très fortement sollicités lors de leur mise en service, dans les secteurs aéronautique et automobile.

20 D'autres avantages et caractéristiques vont apparaître au cours de la description qui va suivre, illustrant un mode de réalisation de l'invention donné uniquement à titre d'exemple.

25 L'acier maraging selon l'invention est utilisé dans la fabrication d'arbres de turbines pour moteur d'avion et possède par exemple la composition pondérale suivante :

- Nickel : 16,5 %
- Cobalt : 11,5 %
- 30 - Molybdène : 6,5 %
- Carbone : 0,005 %
- Aluminium : 0,1 %
- Silicium : 0,1 %
- Manganèse : 0,1 %
- 35 - Lanthane : 0,028 %

le reste étant constitué par du fer et des impuretés accidentelles présentes en des teneurs résiduelles.

Un tel acier maraging est par exemple élaboré de la manière suivante :

5 On procède tout d'abord à la fusion et à l'affinage au four à induction sous vide.

L'acier affiné est ensuite coulé sous vide en lingots électrodes puis refondu dans un four à électrode consommable, cette opération permettant de contrôler les conditions de solidification de l'acier.

10 La dernière opération de l'élaboration consiste à transformer l'acier à chaud par forgeage ou laminage selon les techniques connues de l'homme de métier.

Les alliages selon l'invention contiennent du nickel et une faible teneur en carbone afin d'assurer une structure constituée à 100 % de martensite douce après refroidissement depuis le domaine austénitique.

On emploie le terme martensite douce par opposition aux aciers au carbone dans lesquels on obtient une martensite dite dure.

20 La teneur en carbone est donc inférieure à 0,01 % en poids.

La teneur en nickel est ajustée en fonction de celle en molybdène afin de parvenir à la fin de la transformation martensitique à une température M_f dite de fin de transformation, supérieure à la température ambiante.

25 Ainsi, pour s'assurer d'une structure complètement martensitique lors du refroidissement à la température ambiante depuis le domaine austénitique, les teneur en nickel et en molybdène doivent satisfaire à la relation :

$$22 \leq Ni + Mo \leq 24$$

cette relation garantissant une température M_f supérieure à la température ambiante.

35

Etant donné que le titane a disparu de la composition, des additions de cobalt et de molybdène sont nécessaires pour durcir l'alliage par vieillissement de la structure martensitique dans un domaine de température s'étendant par exemple de 435 à 525° C.

Les teneurs en cobalt et en molybdène sont ainsi respectivement inscrites dans les intervalles 9 à 14 % et 5 à 8 % et de préférence de 11 à 12 % de cobalt et de 6 à 7 % de molybdène selon le degré de durcissement maximal recherché.

Des teneurs inférieures aux minima précisés ci-dessus ne permettraient pas d'obtenir les duretés requises dans les applications envisagées, tandis que, pour des teneurs plus fortes que les maxima, l'alliage ne présente pas une ductilité suffisante.

Par exemple, un alliage dont la composition pondérale majoritaire est constitué de :

- 13 % de nickel
- 16 % de cobalt
- 10 % de molybdène

possède une résistance mécanique très élevée, environ 2440 MPa, mais par contre une médiocre ductilité.

On choisit pour satisfaire à la relation précitée une teneur en nickel comprise entre 14 et 19 % et de préférence comprise entre 15,5 et 17,5 %.

De manière inattendue, la demanderesse s'est aperçue que l'adjonction en quantités bien définies d'un élément appartenant à la famille chimique des terres rares, et en particulier le lanthane, confère à l'alliage une bonne ductilité.

Le lanthane, par exemple, est ajouté dans des proportions pondérales comprises entre 0,005 et 0,05 % et de préférence comprises entre 0,01 et 0,04 %.

Une teneur plus élevée serait préjudiciable aux transformations mécaniques opérées sur l'alliage.

L'acier maraging selon l'invention est remarquable en ce qu'il possède une résistance mécanique élevée, à savoir 2000 MPa pour l'exemple choisi, ainsi qu'une ductilité et une ténacité élevées, la striction étant égale à 46,5 % et l'énergie de résilience mesurée par la méthode Charpy étant égale à 20 J.

Cet acier sans titane est comparable, pour ce qui est des propriétés, à l'alliage classique de composition pondérale majoritaire suivante :

- 10 - 18 % de nickel
- 8 % de cobalt
- 5 % de molybdène
- et 0,5 % de titane

qui possède une résistance mécanique de l'ordre de 1955 MPa alliée à une bonne ductilité, 47 % de striction, et une énergie de résilience Charpy de 20 J.

En outre, l'acier selon l'invention est qualifié de "propre" étant donné qu'il ne renferme plus de particules de phases riches en titane pouvant atteindre une taille de 10 μm . Ces particules sont néfastes dans les applications envisagées car elles initient des fissures lors de la sollicitation en fatigue de cet acier.

D'autres éléments, résultant de l'élaboration des aciers, peuvent être présents en faibles quantités tels que l'aluminium, le silicium et le manganèse, l'alliage contenant évidemment des impuretés accidentelles.

REVENDECATIONS

1. Acier maraging à ductilité et ténacité élevées, présentant une résistance améliorée à la fatigue, utilisable notamment dans la fabrication d'arbres de turbines pour moteur d'avion, caractérisé en ce qu'il comprend, en composition pondérale :
- de 14 à 19 % de nickel Ni 14 ~ 19 %
 - de 9 à 14 % de cobalt Co 9 ~ 14 %
 - de 5 à 8 % de molybdène, Mo 5 ~ 8 %
- les teneurs en nickel et molybdène satisfaisant à la relation : REM 0.005 ~ 0.05 %
- $$22 \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 24,$$
- et en ce qu'il contient de 0,005 à 0,05 % d'un élément appartenant à la famille chimique des terres rares.
2. Acier maraging selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient moins de 0,01 % de carbone. C \leq 0.01 %
3. Acier maraging selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il contient moins de 0,2 % d'aluminium. Al \leq 0.2 %
4. Acier maraging selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il contient moins de 0,1 % de silicium. Si \leq 0.1 %
5. Acier maraging selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il contient moins de 0,1 % de manganèse. Mn \leq 0.1 %
6. Acier maraging selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa composition pondérale est de préférence la suivante :
- de 15,5 % à 17,5 % de nickel Ni 15.5 ~ 17.5 %
 - de 11 à 12 % de cobalt Co 11 ~ 12 %
 - de 6 à 7 % de molybdène Mo 6 ~ 7 %
 - moins de 0,01 % de carbone C \leq 0.01 %
 - moins de 0,2 % d'aluminium Al \leq 0.2 %
 - moins de 0,1 % de silicium Si \leq 0.1 %

- moins de 0,1 % de manganèse $Mn \leq 0,1\%$
- de 0,01 à 0,04 % d'un élément appartenant à la famille chimique des terres rares, $REM \ 0,01-0,04\%$
le reste étant constitué par du fer et des impuretés.

5 7. Acier maraging selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'élément appartenant à la famille chimique des terres rares est de préférence le lanthane.

10 8. Arbre de turbine pour moteur d'avion, caractérisé en ce qu'il est fabriqué à partir d'un acier maraging selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

REPUBLICUE FRANÇAISE

N° d'enregistrement
national

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9116413
FA 470796

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 637 615 (RAUMA-REPOLA OY.) * le document en entier *	1-8
A	FR-A-2 096 302 (USS ENGINEERS AND CONSULTANTS) * revendications 1,2 *	1-8
A	FR-A-1 481 322 (INTERNATIONAL NICKEL LIMITED) * le document en entier * & US-A-3 359 894	1-8
A	SU-A-418 557 (STEPANOV) * le document en entier *	1-8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)
		C22C
Date d'achèvement de la recherche 06 AOÛT 1992		Examinateur LIPPENS M. H.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>		

THIS PAGE BLANK (USPTO)